

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-016550

(43)Date of publication of application : 18.01.2002

(51)Int.Cl.

H04B 10/17

H04B 10/16

H01S 3/10

H04J 14/00

H04J 14/02

H04B 10/14

H04B 10/06

H04B 10/04

(21)Application number : 2000-197135

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 29.06.2000

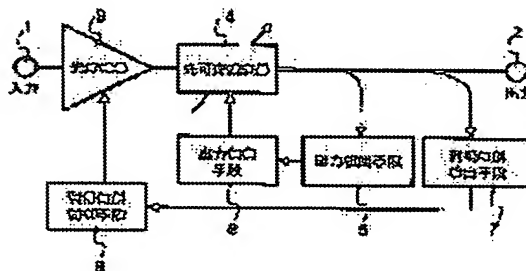
(72)Inventor : KAJIYA SATORU  
SHIMIZU KATSUHIRO  
ITO YASUHIKO

## (54) OPTICAL AMPLIFIER SYSTEM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an optical amplifier system that makes an optical output level constant and can control a gain gradient, without the need for provision of pre-emphasis in the amplification of a wavelength-multiplexed light and causing other problems of losing the reliability of a compensation unit and of increasing the system cost.

**SOLUTION:** The optical amplifier system is provided with an optical amplifier 3 that amplifies an input signal light, an output detection means 5 that detects an output level of the optical amplifier, an output control means 6 that controls the output level of the optical amplifier depending on an output level detected by the output detection means 5, a gain gradient detection means 7 that detects the gain gradient with respect to the wavelength of the optical amplifier, and a gain gradient control means 8 that controls the gain gradient of the optical amplifier 3, in response to the gain gradient detected by the gain gradient detection means 7.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-16550

(P2002-16550A)

(43)公開日 平成14年1月18日(2002.1.18)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコード\*(参考)

H 0 4 B 10/17

H 0 1 S 3/10

Z 5 F 0 7 2

10/16

H 0 4 B 9/00

J 5 K 0 0 2

H 0 1 S 3/10

E

H 0 4 J 14/00

S

14/02

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2000-197135(P2000-197135)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(22)出願日

平成12年6月29日(2000.6.29)

(72)発明者 加治屋 哲

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72)発明者 清水 克宏

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74)代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

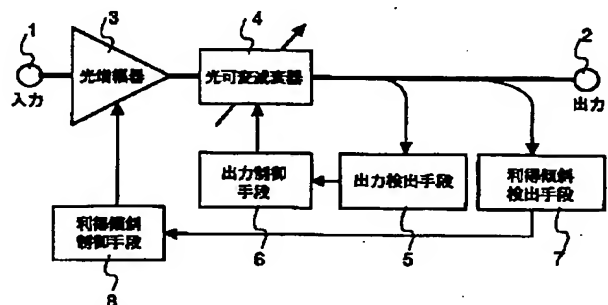
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光増幅装置

(57)【要約】

【課題】 波長多重光の増幅において、プリエンファシスの付与によらず、また補償器の信頼性や装置コストが高くなると云った別の問題を生じることなく、光出力レベルを一定にすると共に利得傾斜を制御できる光増幅装置を得ること。

【解決手段】 入力信号光を増幅する光増幅器3と、光増幅器の出力レベルを検出する出力検出手段5と、出力検出手段5により検出される出力レベルに応じて光増幅器の出力レベルを制御する出力制御手段6と、光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段7と、利得傾斜検出手段7により検出される利得傾斜に応じて光増幅器3の利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段8とを設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力信号光を増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて  
前記光増幅器の出力レベルを制御する出力制御手段と、  
前記光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾  
斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じ  
て前記光増幅器の利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段  
と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 2】 入力の波長多重信号光を増幅する光増幅  
器と、  
前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力側で出力レベルを検出する出力  
検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて  
前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する  
出力制御手段と、  
前記光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾  
斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じ  
て前記光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜  
を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 3】 入力の波長多重信号光を増幅する光増幅  
器と、  
前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力側で出力レベルを検出する出力  
検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて  
前記光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手  
段と、  
前記光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾  
斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じ  
て前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節し  
て利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 4】 入力の波長多重信号光を増幅する光増幅  
器と、  
前記光増幅器への入力信号光の伝播方向と順方向に伝播  
する補償光を注入する補償光源と、  
前記光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを  
透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出  
する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて  
前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、  
前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段

と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じ  
て前記光増幅器の励起光源の出力光を調節することによ  
り利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 5】 入力の波長多重信号光を増幅する光増幅  
器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に  
伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを  
透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出  
する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて  
前記光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手  
段と、  
光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じ  
て前記補償光源の出力光を調節することにより利得傾斜  
を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 6】 入力の波長多重信号光を増幅する光増幅  
器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に  
伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力側で補償光を遮断し、信号光の  
みを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出  
する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて  
前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する  
出力制御手段と、  
前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段  
と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じ  
て前記補償光源の出力光を調節することにより利得傾斜  
を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 7】 入力の波長多重信号光を増幅する光増幅  
器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に  
伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力側で補償光を遮断し、信号光の  
みを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出  
する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて  
前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、

前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 8】 入力の前記波長多重信号光を増幅する第 1 の光増幅器と、  
前記第 1 の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第 2 の光増幅器と、  
前記第 2 の光増幅器の出力側で出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、  
前記第 2 の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記第 1 の光増幅器と前記第 2 の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 9】 入力の前記波長多重信号光を増幅する第 1 の光増幅器と、  
前記第 1 の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第 2 の光増幅器と、  
前記第 2 の光増幅器の出力側で出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記第 1 の光増幅器と前記第 2 の光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、  
前記第 2 の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 10】 入力の前記波長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記信号光を増幅する第 1 の光増幅器と、  
前記第 1 の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第 2 の光増幅器と、

前記第 2 の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、  
前記第 2 の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 11】 入力の前記波長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
前記増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記信号光を増幅する第 1 の光増幅器と、  
前記第 1 の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第 2 の光増幅器と、  
前記第 2 の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、  
前記第 2 の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 12】 入力の前記波長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記信号光を増幅する第 1 の光増幅器と、  
前記第 1 の光増幅器の出力信号光を増幅する第 2 の光増幅器と、  
前記第 2 の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記第 1 の光増幅器と前記第 2 の光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、  
光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じ

て前記補償光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項13】 入力の前記波長多重信号光を励起光源で増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記信号光を増幅する第1の光増幅器と、  
前記第1の光増幅器の出力信号光を増幅する第2の光増幅器と、  
前記第2の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、  
前記第2の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記第1光増幅器の励起光源と前記第2の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

【請求項14】 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求項1～13のいずれか一つに記載の光増幅装置。

【請求項15】 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求項1～13のいずれか一つに記載の光増幅装置。

【請求項16】 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求項1～13のいずれか一つに記載の光増幅装置。

【請求項17】 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求項1～13のいずれか一つに記載の光増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光増幅装置に関し、特に、波長多重伝送の光中継器等に利用される光増幅装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】インターネットをはじめとする通信需要の急激な増加により、近年、ネットワークの大容量化お

よび高速化に関する研究開発、実用化が盛んになされている。信号伝送方式の一つとして、1本の伝送ファイバに複数の互いに異なる波長の信号光を多重して伝送する波長多重伝送方式が知られている。波長多重伝送方式による信号伝送では、各波長の信号ごとにそれぞれ情報を伝送することができ、大容量化に適している。希土類添加光ファイバで構成される光ファイバ増幅器（光増幅器）は、伝送速度に依存しない、中継器の簡素化が可能、入力される信号光を一括して増幅するといった特徴を持ち、波長多重伝送に適した増幅器である。

【0003】しかし、光増幅器には、利得の波長依存性があり、増幅後の各波長の光出力、或いは利得に波長間偏差を生ずることが知られている。このため、伝送後の光パワーには波長間偏差が生じる。特に、光増幅器による多段中継を行う場合には、各中継段における光増幅器による波長間偏差が積算されることになるため、伝送後の光パワーの波長間偏差が大きくなるという不具合を生じる。

【0004】上述の様な問題を解決するための光増幅器利得等化技術としては、たとえば、特開平9-211507号公報に示された技術（光等化増幅装置）がある。この光等化増幅装置は、波長多重光の増幅において、光入力レベルを一定にすると共に、複数の波長成分の各出力レベルを等化する装置であり、図12に示されているように、入力端子101と出力端子102との間に、光増幅器103と可変光減衰器104とを有している。

【0005】光増幅器103は、励起率が高いときには長波長側の利得が小さく、励起率が低いときには短波長側の利得が小さくなる利得傾斜特性を示す。すなわち、光増幅器103は、励起率が高いときには、波長に対する利得の傾きが負になり、励起率が低いときには、波長に対する利得の傾きが正になる。励起率を変化させる手段として、励起パワーを制御する手段と、増幅器に入力する信号光の光レベルを制御する手段がある。

【0006】上述のような光増幅装置では、入力された波長多重信号は光増幅器103で増幅され、光増幅器103の出力側で各波長のレベルを検出し、各波長のレベル（利得）が等化になるよう光増幅器103の励起パワーを制御（ゲイン制御）する。また可変光減衰器104の出力側で出力レベルを検出し、一定の光レベルになるよう可変光減衰器104による出力信号光の減衰量を制御（出力制御）する。

【0007】しかしながら、伝送路や受動デバイスには波長依存性減衰を有しており、光増幅器の入力で異なるレベルの光信号が受信される。この要因によって、波長によって光レベルに偏差が生じてしまう。1台の光増幅器によって生じる光レベルの偏差は小さいが、たとえば、大陸間を結ぶ海底ケーブルのような長距離伝送においては、数十台から数百台の光増幅器が設けられているので、上述したような偏差が累積すると、特定の信号波

長のチャンネルにおいて光レベルが小さくなり、光信号対雑音比の劣化を招くおそれがある。

【0008】ここで、多重化された波長のうち、最も低いパワーの波長信号が伝送後の受信パワーの下限值であるので、最大伝送距離は、最も低いパワーの波長信号によって制限される。したがって、伝送後の波長間偏差を低減することが最大中継伝送距離を拡大させる上で重要となる。伝送後の光信号対雑音比のチャンネルばらつきや、受信特性のばらつきを小さくするものとして、送信側で予め利得傾斜を付ける（プリエンファシスをする）技術がある。また、インライン自動利得傾斜補償器を伝送路に挿入してもよい。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、大きなプリエンファシスの付与は、光SNRを減少させ、また距離平均の信号光パワーの上昇に起因する伝送路の非線形効果により、信号波形を歪ませることになる。また、プリエンファシスの効果は、伝送距離が長くなるにつれて小さくなると云う不具合を含んでいる。これに対し、インライン自動利得傾斜補償器では、光SNR及び受信特性の過剰な劣化を抑えることができるが、補償器の信頼性や装置コストが高くなると云った別の問題が生じる。

【0010】この発明は、上述の如き問題点を解消するためになされたもので、波長多重光の増幅において、プリエンファシスの付与によらず、また補償器の信頼性や装置コストが高くなると云った別の問題を生じることなく、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を得ることを目的としている。

【0011】

【発明を解決するための手段】上述の目的を達成するために、この発明による光増幅装置は、入力信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の出力レベルを制御する出力制御手段と、前記光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光増幅器の利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

【0012】つぎの発明による光増幅装置は、入力波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可変減衰器の出力側で出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、前記光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手

段とを有しているものである。

【0013】つぎの発明による光増幅装置は、入力波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可変減衰器の出力側で出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、前記光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

【0014】つぎの発明による光増幅装置は、入力波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器への入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を調節することにより利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

【0015】つぎの発明による光増幅装置は、入力波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光源の出力光を調節することにより利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

【0016】つぎの発明による光増幅装置は、入力波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可変減衰器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光



【0023】つぎの発明による光増幅装置は、入力の変長多重信号光を励起光源で増幅する光増幅器と、前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記信号光を増幅する第1の光増幅器と、前記第1の光増幅器の出力信号光を増幅する第2の光増幅器と、前記第2の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、前記第2の光増幅器の利得傾



斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記第1光増幅器の励起光源と前記第2の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

【0024】つぎの発明による光増幅装置は、前記利得傾斜検出手段が、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するものである。

【0025】つぎの発明による光増幅装置は、前記利得傾斜検出手段が、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するものである。

【0026】つぎの発明による光増幅装置は、最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものである。

【0027】つぎの発明による光増幅装置は、3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものである。

【0028】

【発明の実施の形態】以下に、添付の図を参照して、この発明にかかる光増幅装置の実施の形態を詳細に説明する。

【0029】実施の形態1. 図1はこの発明による光増幅装置の実施の形態1を示している。図1において、1は入力端子、2は出力端子、3は光増幅器、4は光可変減衰器、5は出力検出手段、6は出力制御手段、7は利得傾斜検出手段、8は利得傾斜制御手段をそれぞれ示している。

【0030】実施の形態1による光増幅装置は、光増幅器3と、光可変減衰器4と、出力検出手段5と、出力制御手段6と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段8とを有している。光増幅器3は、図示されていない光ファイバを接続される入力端子1に入力する波長多重信号光を増幅する。

【0031】光可変減衰器4は、光増幅器3の出力信号光を可変減衰するものであり、たとえば、磁気光学効果を利用したファラデー回転子で実現することができる。このほか、光可変減衰器4は、LiNbO<sub>3</sub>の電気光学効果や、音響光学的な効果を利用したもので構成することも可能である。

【0032】出力検出手段5は、光可変減衰器4の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段6に出力する。出力制御手段6は、出力検出手段5により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて光可変減衰器4による出力信号光の減衰量を制御する。

【0033】利得傾斜検出手段7は、光可変減衰器4の

出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段8に出力する。利得傾斜制御手段8は、利得傾斜検出手段7によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて光増幅器3の励起光を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

【0034】図2は、利得傾斜制御例を示している。この利得傾斜制御例では、光増幅器3の入力レベルを-8 dBm、光可変減衰器4の出力レベルを+1 dBmとし、光増幅器3の利得Gをそれぞれ9、11、13 dBとして制御している。これより、光増幅器3の利得Gのみを制御することで、利得傾斜が制御されていることが分かる。上述のような制御により、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0035】つぎに、利得傾斜検出手段7の具体例を図3を参照して説明する。この利得傾斜検出手段7は、波長多重信号光を分波し、最短波長 $\lambda_1$ と最長波長 $\lambda_n$ の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであり、光増幅器3の波長多重光出力、厳密には光可変減衰器4の波長多重光出力のうち、最短波長 $\lambda_1$ と最長波長 $\lambda_n$ の成分のみを波長選択手段9によって分離し、そのそれぞれを光検出手段10-1と10-nに送る。なお、波長選択手段9は光フィルタを用いて容易に構成することができ、光検出手段10-1、10-nとしては、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、フォトカウンタなどを用いることができる。

【0036】ここでは、最短波長光 $\lambda_1$ を光検出手段10-1に送り、最長波長光 $\lambda_n$ を光検出手段10-nに送る。光検出手段10-1および10-nは、それぞれ受信した光を電気信号に変換して信号光の最短波長 $\lambda_1$ のレベルと最長波長 $\lambda_n$ のレベルを検出し、各検出値を利得傾斜検出回路11へ送る。利得傾斜検出回路11は、最短波長 $\lambda_1$ のレベルと最長波長 $\lambda_n$ のレベルとを比較することで、利得傾斜を検出することができる。

【0037】なお、以上説明した実施の形態では、最短波長 $\lambda_1$ と最長波長 $\lambda_n$ の成分から利得傾斜を検出しているが、これ以外に、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出してもよい。この場合には、波長多重された光信号を該多重された波長の数だけ波長選択手段を挿入してもよく、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、…、 $\lambda_n$ を多重された信号光を、波長選択手段で、それぞれ波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、…、 $\lambda_n$ について分離して光検出手段に送る。その後は、上述の実施の形態の場合と同様の動作となる。

【0038】また、送信側で、最短波 $\lambda_1$ と最長波 $\lambda_n$ の光信号に、それぞれ異なる周波数成分を重畳し、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出することもでき、低周波トーン信号重畳方式を採用することにより、累積自然放光雑音の影響の無い、正確な利得制御が可能になる。この場合の利得傾斜検出手段7の構成例を図4を参照して説明する。利得傾斜検

出手段7は、光検出手段10と、バンドパスフィルタ(BPF)12-1、12-nと、レベル検出手段13-1、13-nと、利得傾斜検出回路14とにより構成されている。

【0039】光中継器の波長多重光出力を光検出手段10に入力し、検出信号の中から各波長に割り当てられた周波数成分をバンドパスフィルタ12-1、12-nでそれぞれ抽出し、その周波数成分の信号光の各レベルをレベル検出手段13-1、13-nで検出する。

【0040】ここでは、バンドパスフィルタ12-1で最短波長 $\lambda_1$ に重畳されている周波数成分 $f_1$ を、バンドパスフィルタ12-nで最長波長 $\lambda_n$ に重畳されている周波数成分 $f_n$ をそれぞれ抽出する。レベル検出手段13-1および13-nは、それぞれ抽出した周波数成分 $f_1$ と $f_n$ のそれぞれのレベルを検出し、その各検出値を利得傾斜検出回路14へ送る。利得傾斜検出回路14は、その周波数成分のレベルを比較することで利得傾斜を検出する。

【0041】なお、上述した実施の形態では、最短波長と最長波長のみに異なる周波数成分を重畳して利得傾斜を検出しているが、3波以上の光信号のそれぞれに異なる周波数成分を重畳し、利得傾斜検出回路は、重畳された各周波数成分を検波して利得傾斜を検出してもよい。この場合、各光送信器の出力する光の波長、および重畳する正弦波信号の周波数を互いに相違させる必要がある。また、利得傾斜検出手段7では、重畳する周波数に応じた数のバンドパスフィルタおよびレベル検出手段を用意する。また各バンドパスフィルタの中心周波数は重畳される正弦波信号の周波数に対応させる。

【0042】実施の形態2。図5はこの発明による光増幅装置の実施の形態2を示している。なお、図5において、図1に対応する部分は、図1に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0043】実施の形態2による光増幅装置は、光増幅器3と、光可変減衰器4と、出力検出手段5と、出力制御手段15と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段16とを有している。

【0044】出力制御手段15は、出力検出手段5により検出される出力レベルに応じて、その出力レベルが一定となるよう光増幅器3の励起光源の出力光を制御する。利得傾斜制御手段16は、利得傾斜検出手段7により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器4による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を最適値に制御する。

【0045】上述のような制御により、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0046】実施の形態3。図6はこの発明による光増幅装置の実施の形態3を示している。なお、図6におい

て、図1に対応する部分は、図1に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0047】実施の形態3による光増幅装置は、光増幅器3と、補償光源17と、波長選択手段18と、出力検出手段5と、出力制御手段19と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段8とを有している。

【0048】補償光源17は、光増幅器3への入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を光増幅器3の入力側に注入する。この場合、光増幅器3の利得は信号光と補償光の合計パワーによって変化し、このため、補償光のパワーによって信号光のパワーが変化し、出力端子2における波長多重光のレベルが変化する。波長選択手段18は、たとえば、光リジェクションフィルタやカブラによって構成され、光増幅器3の出力光のうち、補償光源17の波長の光(補償光)のみを遮断し、その他の波長多重光を透過させる。

【0049】出力検出手段5は、波長選択手段18の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段19に出力する。出力制御手段19は、出力検出手段5により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて補償光源17の出力レベルを制御する。利得傾斜検出手段7は、光可変減衰器4の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段8に出力する。利得傾斜制御手段8は、利得傾斜検出手段7によって検出される利得傾斜(検出値)に応じて光増幅器3の励起光を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

【0050】したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0051】実施の形態4。図7は、この発明による光増幅装置の実施の形態4を示している。なお、図7において、図5、図6に対応する部分は、図5、図6に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0052】実施の形態4による光増幅装置は、光増幅器3と、補償光源17と、波長選択手段18と、出力検出手段5と、出力制御手段15と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段20とを有している。

【0053】出力検出手段5は、波長選択手段18の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段15に出力する。出力制御手段15は、出力検出手段5により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて光増幅器3の励起光源の出力光を制御する。利得傾斜検出手段7は、光可変減衰器4の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段20に出力する。利得傾斜制御手段20は、利得傾斜検出手段7によって検出される利得傾斜(検出値)に応じて補償光源17の出力レベルを調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

【0054】したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0055】実施の形態5. 図8は、この発明による光増幅装置の実施の形態5を示している。なお、図8において、図1、図7に対応する部分は、図1、図7に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0056】実施の形態5による光増幅装置は、光増幅器3と、光可変減衰器4と、補償光源17と、波長選択手段18と、出力検出手段5と、出力制御手段6と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段20とを有している。

【0057】出力検出手段5は、波長選択手段18の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段6に出力する。出力制御手段6は、出力検出手段5により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて光可変減衰器4による出力信号光の減衰量を制御する。利得傾斜検出手段7は、光可変減衰器4の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段20に出力する。利得傾斜制御手段20は、実施の形態4と同様に、利得傾斜検出手段7によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて補償光源17の出力レベルを調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

【0058】したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0059】実施の形態6. 図9は、この発明による光増幅装置の実施の形態6を示している。なお、図9において、図5、図6に対応する部分は、図5、図6に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0060】実施の形態6による光増幅装置は、光増幅器3と、光可変減衰器4と、補償光源17と、波長選択手段18と、出力検出手段5と、出力制御手段19と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段16とを有している。

【0061】出力検出手段5は、波長選択手段18の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段19に出力する。出力制御手段19は、実施の形態3と同様に、出力検出手段5により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて補償光源17の出力レベルを制御する。利得傾斜検出手段7は、光可変減衰器4の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段16に出力する。利得傾斜制御手段16は、実施の形態2と同様に、利得傾斜検出手段7により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器4による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を最適値に制御する。

【0062】したがって、この実施の形態でも、実施の

形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0063】実施の形態7. 図10は、この発明による光増幅装置の実施の形態7を示している。なお、図10において、図1に対応する部分は、図1に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0064】実施の形態7による光増幅装置は、第1の光増幅器3-1と、第2の光増幅器3-2と、光可変減衰器4と、出力検出手段5-1および5-2と、出力制御手段6と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段23と、入力検出手段21-1および21-2と、利得制御手段24-1および24-2とを有している。

【0065】第1の光増幅器3-1の利得と第2の光増幅器3-2の利得は常に同一とする。第2の光増幅器3-2の出力レベルを出力検出手段5-2でモニタし、そのレベルが一定となるように出力制御手段6を用いて光可変減衰器4を制御する。光可変減衰器4の減衰量Aは、第1の光増幅器3-1の利得と第2の光増幅器3-2の利得を共にG、第1の光増幅器3-1の入力レベルをP1、第2の光増幅器3-2の出力レベルをP2とすれば、 $A = P2 - P1 - 2 \times G$ と一意に決まる。一方、利得傾斜Dは、 $D = D(G)$ と利得Gの関数で表される。

【0066】すなわち、利得傾斜Dは第1の光増幅器3-1と第2の光増幅器3-2の利得Gによって一意に決めうる。光増幅器の利得Gのみを外部から与えることにより入出力レベルを変化させずに利得傾斜を制御できる。

【0067】図11は、利得傾斜制御例を示している。この利得傾斜制御例では、第1の光増幅器3-1の入力レベルP1を-8 dBm、第2の光増幅器3-2の出力レベルP2を+3 dBmとし、増幅器の利得Gをそれぞれ9、11、13 dBとして制御している。増幅器の利得Gのみを制御することで、利得傾斜が制御されていることが分かる。

【0068】したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0069】実施の形態8. 図12は、この発明の光増幅装置の実施の形態8を示している。なお、図12において、図5、図10に対応する部分は、図5、図10に付した符号と同一の符号を付けてその説明を省略する。

【0070】実施の形態8による光増幅装置は、第1の光増幅器3-1と、第2の光増幅器3-2と、光可変減衰器4と、出力検出手段5-1および5-2と、出力制御手段15と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段16と、入力検出手段21-1および21-2と、利得制御手段24-1および24-2とを有している。

【0071】出力制御手段15は、出力検出手段5-2により検出される出力レベルに応じて、その出力レベルが一定となるように第1の光増幅器3-1と第2の光増幅器3-2の励起光源の出力光を制御する。その際、第1の光増幅器3-1の利得と第2の光増幅器3-2の利得が等しくなるように利得制御手段24-1と利得制御手段24-2は励起光源の出力光を制御する。利得傾斜制御手段16は、利得傾斜検出手段7により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器4による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を最適値に制御する。

【0072】したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

【0073】実施の形態9。図13は、この発明による光増幅器の実施の形態9を示している。

【0074】実施の形態9による光増幅装置は、第1の光増幅器3-1と、第2の光増幅器3-2と、光可変減衰器4と、第1の補償光源17-1と、第2の補償光源17-2と、第1の波長選択手段18-1と、第2の波長選択手段18-2と、出力検出手段5-1および5-2と、出力制御手段6と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段20と、入力検出手段21-1および21-2と、利得制御手段24-1および24-2とを有している。なお、1は入力端子、2は出力端子である。

【0075】出力検出手段5-2は、第2の波長選択手段18-2の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段6に出力する。出力制御手段6は、出力検出手段5-2により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて光可変減衰器4による出力信号光の減衰量を制御する。利得傾斜検出手段7は、第2の波長選択手段18-2の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段20に出力する。利得傾斜制御手段20は、利得傾斜検出手段7によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて第1の補償光源17-1、第2の補償光源17-2の出力レベルを調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

【0076】したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

【0077】実施の形態10。図14は、この発明による光増幅器の実施の形態10を示している。

【0078】実施の形態10による光増幅装置は、第1の光増幅器3-1と、第2の光増幅器3-2と、光可変減衰器4と、第1の補償光源17-1と、第2の補償光源17-2と、第1の波長選択手段18-1と、第2の波長選択手段18-2と、出力検出手段5-1および5-2と、出力制御手段19と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段16と、入力検出手段21-1および

21-2と、利得制御手段24-1および24-2とを有している。なお、1は入力端子、2は出力端子である。

【0079】出力検出手段5-2は、第2の波長選択手段18-2の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段19に出力する。出力制御手段19は、出力検出手段5-2により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて第1の補償光源17-1、第2の補償光源17-2の出力レベルを制御する。利得傾斜検出手段7は、第2の波長選択手段18-2の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段16に出力する。利得傾斜制御手段16は、利得傾斜検出手段7によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて光可変減衰器4による出力信号光の減衰量を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

【0080】したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

【0081】実施の形態11。図15は、この発明による光増幅器の実施の形態11を示している。

【0082】実施の形態11による光増幅装置は、第1の光増幅器3-1と、第2の光増幅器3-2と、第1の補償光源17-1と、第2の補償光源17-2と、第1の波長選択手段18-1と、第2の波長選択手段18-2と、出力検出手段5-1および5-2と、出力制御手段19と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段23と、入力検出手段21-1および21-2と、利得制御手段24-1および24-2とを有している。なお、1は入力端子、2は出力端子である。

【0083】出力検出手段5-2は、第2の波長選択手段18-2の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段19に出力する。出力制御手段19は、出力検出手段5-2により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて第1の補償光源17-1、第2の補償光源17-2の出力レベルを制御する。利得傾斜検出手段7は、第2の波長選択手段18-2の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段23に出力する。利得傾斜制御手段23は、利得傾斜検出手段7によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて第1の光増幅器3-1、第2の光増幅器3-2の励起光源の出力光を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

【0084】したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

【0085】実施の形態12。図16は、この発明による光増幅器の実施の形態12を示している。

【0086】実施の形態12による光増幅装置は、第1

の光増幅器 3-1 と、第 2 の光増幅器 3-2 と、第 1 の補償光源 17-1 と、第 2 の補償光源 17-2 と、第 1 の波長選択手段 18-1 と、第 2 の波長選択手段 18-2 と、出力検出手段 5-1 および 5-2 と、出力制御手段 15 と、利得傾斜検出手段 7 と、利得傾斜制御手段 20 と、入力検出手段 21-1 および 21-2 と、利得制御手段 24-1 および 24-2 とを有している。なお、1 は入力端子、2 は出力端子である。

【0087】出力検出手段 5-2 は、第 2 の波長選択手段 18-2 の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段 15 に出力する。出力制御手段 15 は、出力検出手段 5-2 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて第 1 の光増幅器 3-1、第 2 の光増幅器 3-2 の励起光源の出力光を制御する。利得傾斜検出手段 7 は、第 2 の波長選択手段 18-2 の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 20 に出力する。利得傾斜制御手段 20 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて第 1 の補償光源 17-1、第 2 の補償光源 17-2 の出力光を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

【0088】したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0089】

【発明の効果】以上の説明から理解される如く、この発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光増幅器の出力レベルを制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光増幅器の利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0090】つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0091】つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光増幅器の励起光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0092】つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光増幅器の励起光源の出力光を調節することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0093】つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて補償光源の出力光を調節することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0094】つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて補償光源の出力光を調節することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0095】つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて補償光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0096】つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて第 1 の光増幅器と第 2 の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0097】つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて第 1 の光増幅器と第 2 の光増幅器の励起光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0098】つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて補償光源の出力光を調節して利得傾斜を制御することが行われるから



ら、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0099】 つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて補償光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0100】 つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段の出力に応じて第1と第2の光増幅器の励起光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて補償光源の出力光を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0101】 つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて補償光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて第1光増幅器の励起光源と第2の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

【0102】 つぎの発明による光増幅装置によれば、利得傾斜検出手段が、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するから、利得傾斜の検出が的確に行われる。

【0103】 つぎの発明による光増幅装置によれば、利得傾斜検出手段が、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するから、利得傾斜の検出が的確に行われる。

【0104】 つぎの発明による光増幅装置によれば、利得傾斜検出手段が、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するから、利得傾斜の検出が的確に行われる。

【0105】 つぎの発明による光増幅装置によれば、利得傾斜検出手段が、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するから、利得傾斜の検出が的確に行われる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明による光増幅装置の実施の形態1の構成を示す図である。

【図2】 実施の形態1による光増幅装置の利得傾斜制御例を示すグラフである。

【図3】 この発明による光増幅装置における利得傾斜検出手段の一つの実施の形態の構成を示す図である。

【図4】 この発明による光増幅装置における利得傾斜検出手段の他の実施の形態の構成を示す図である。

【図5】 この発明による光増幅装置の実施の形態2の構成を示す図である。

【図6】 この発明による光増幅装置の実施の形態3の構成を示す図である。

【図7】 この発明による光増幅装置の実施の形態4の構成を示す図である。

【図8】 この発明による光増幅装置の実施の形態5の構成を示す図である。

【図9】 この発明による光増幅装置の実施の形態6の構成を示す図である。

【図10】 この発明による光増幅装置の実施の形態7の構成を示す図である。

【図11】 実施の形態7による光増幅装置の利得傾斜制御例を示すグラフである。

【図12】 この発明による光増幅装置の実施の形態8の構成を示す図である。

【図13】 この発明による光増幅装置の実施の形態9の構成を示す図である。

【図14】 この発明による光増幅装置の実施の形態10の構成を示す図である。

【図15】 この発明による光増幅装置の実施の形態11の構成を示す図である。

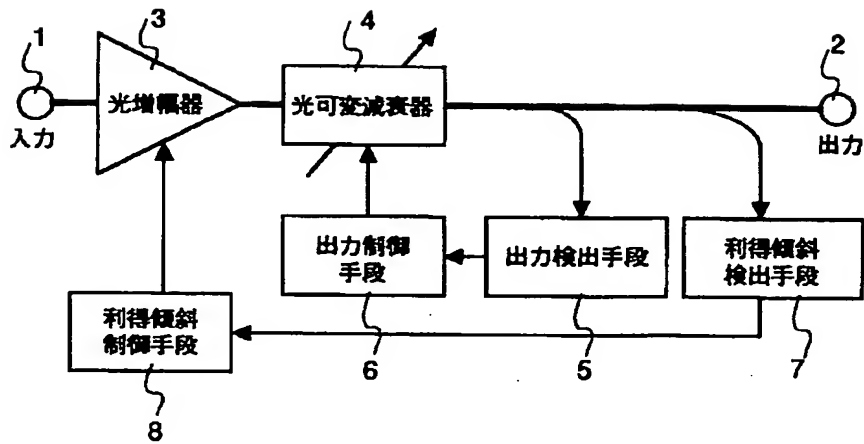
【図16】 この発明による光増幅装置の実施の形態12の構成を示す図である。

【図17】 光増幅装置の従来例の構成を示す図である。

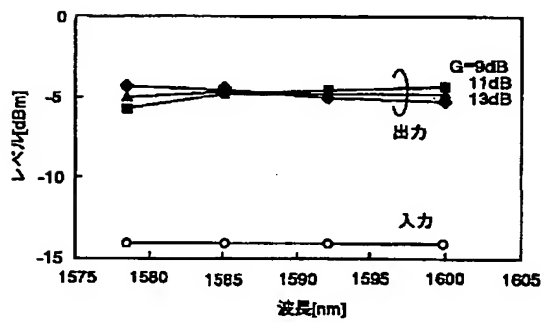
【符号の説明】

1 入力端子、2 出力端子、3 光増幅器、3-1 第1の光増幅器、3-2 第2の光増幅器、4 光可変減衰器、5、5-1、5-2 出力検出手段、6 出力制御手段、7 利得傾斜検出手段、8 利得傾斜制御手段、9 波長選択手段、10、10-1、10-n 光検出手段、11 利得傾斜検出回路、12-1、12-n バンドパスフィルタ、13-1、13-n レベル検出手段、14 利得傾斜検出回路、15 出力制御手段、16 利得傾斜制御手段、17 補償光源、18 波長選択手段、19 出力制御手段、20 利得傾斜制御手段、21-1、21-2 入力検出手段、23 利得傾斜制御手段、24-1、24-2 利得制御手段。

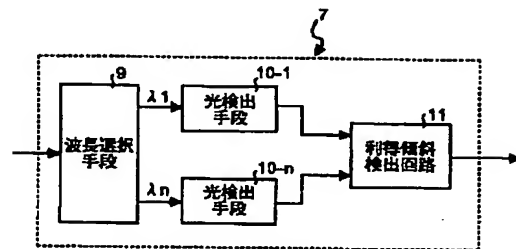
【図1】



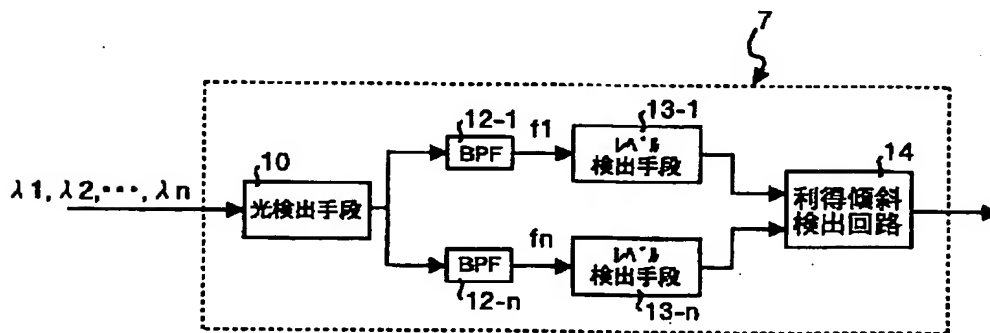
【図2】



【図3】

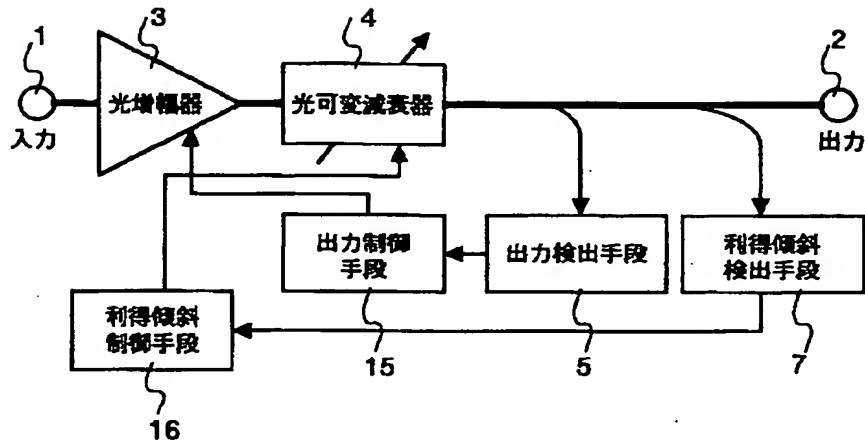


【図4】

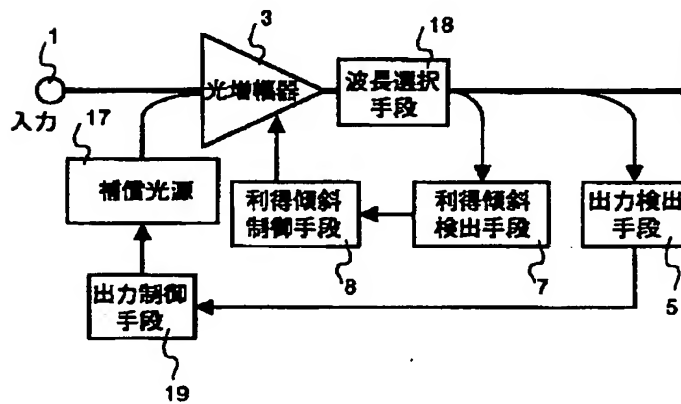




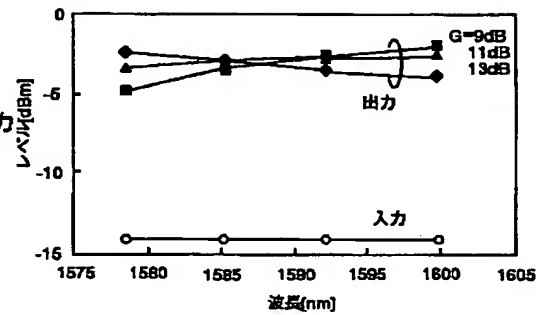
【図5】



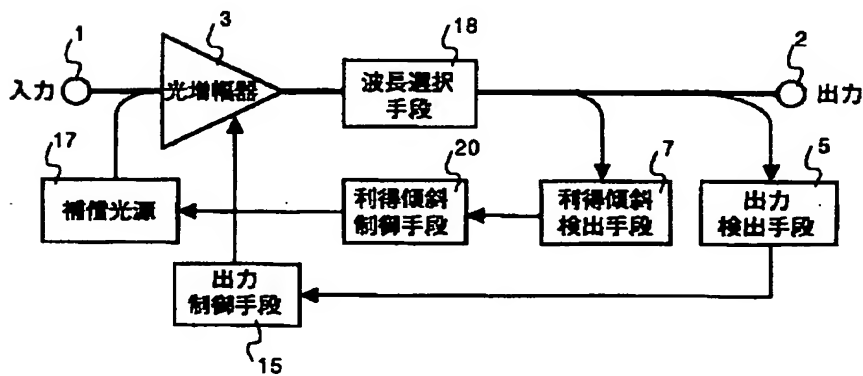
【図6】



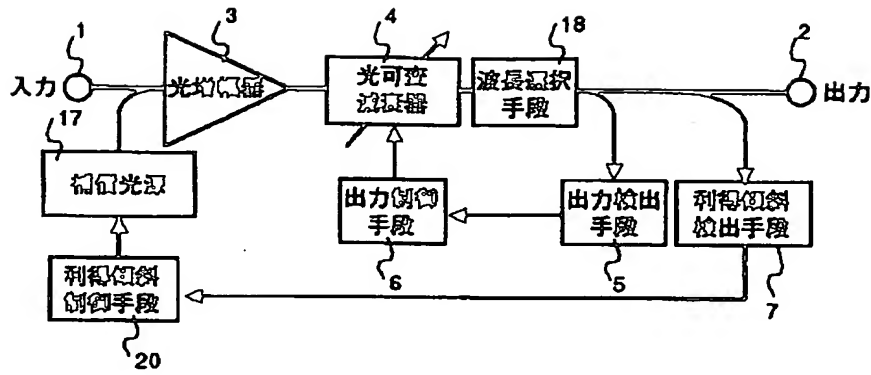
【図11】



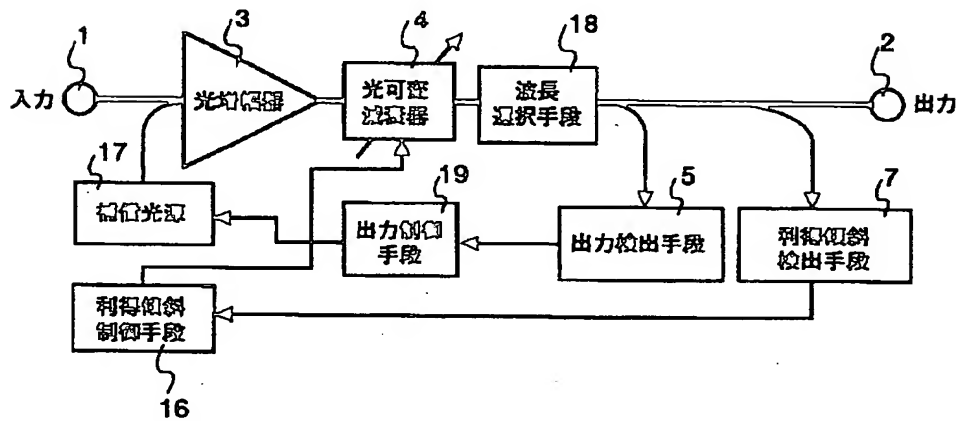
【図7】



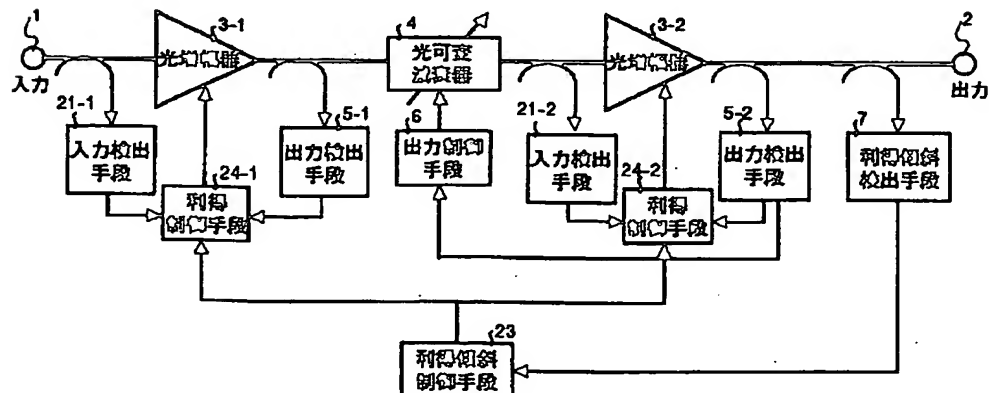
【図 8】



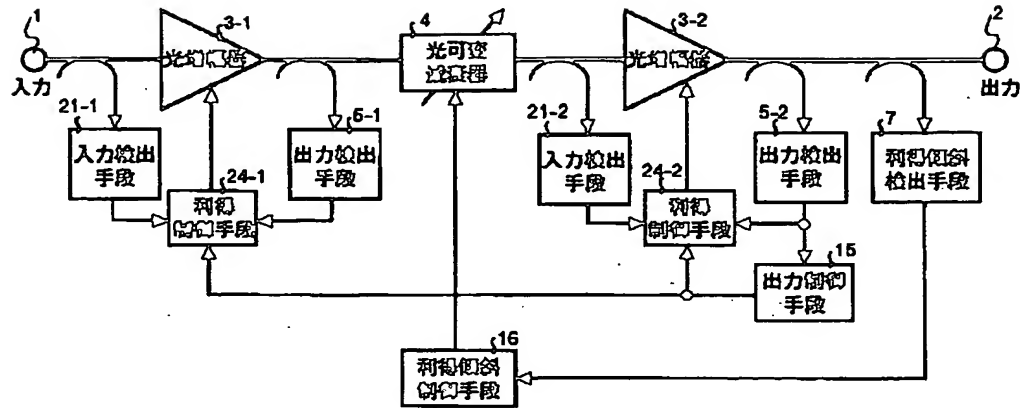
【図 9】



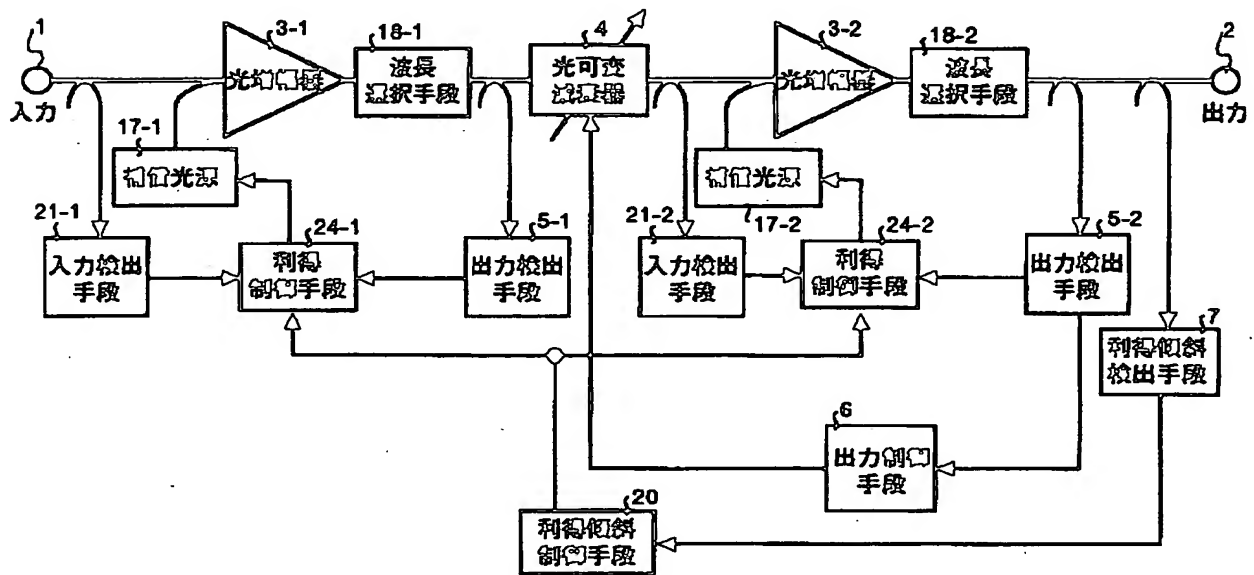
【図 10】



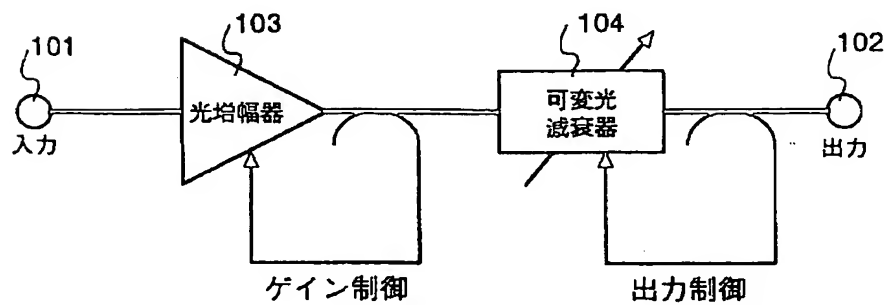
【図 12】



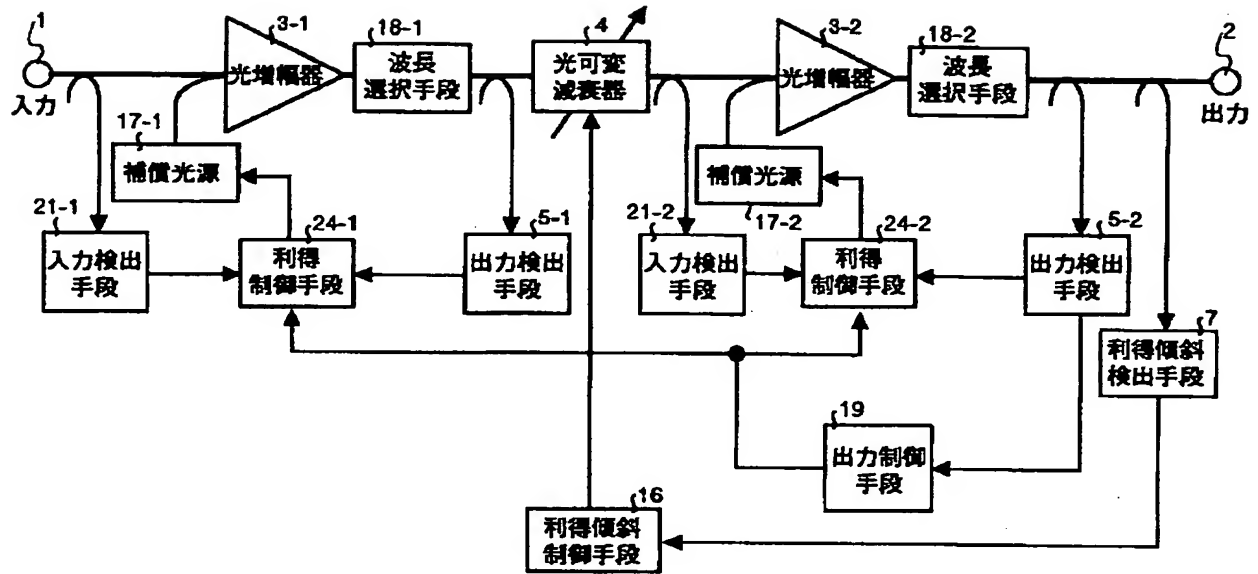
【図 13】



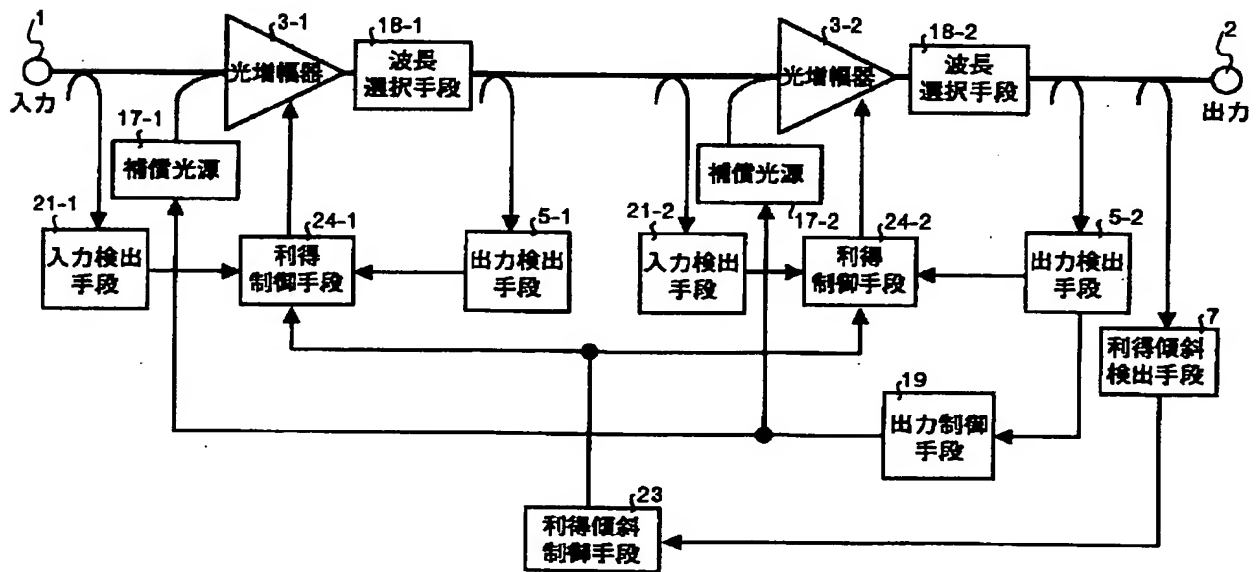
【図 17】



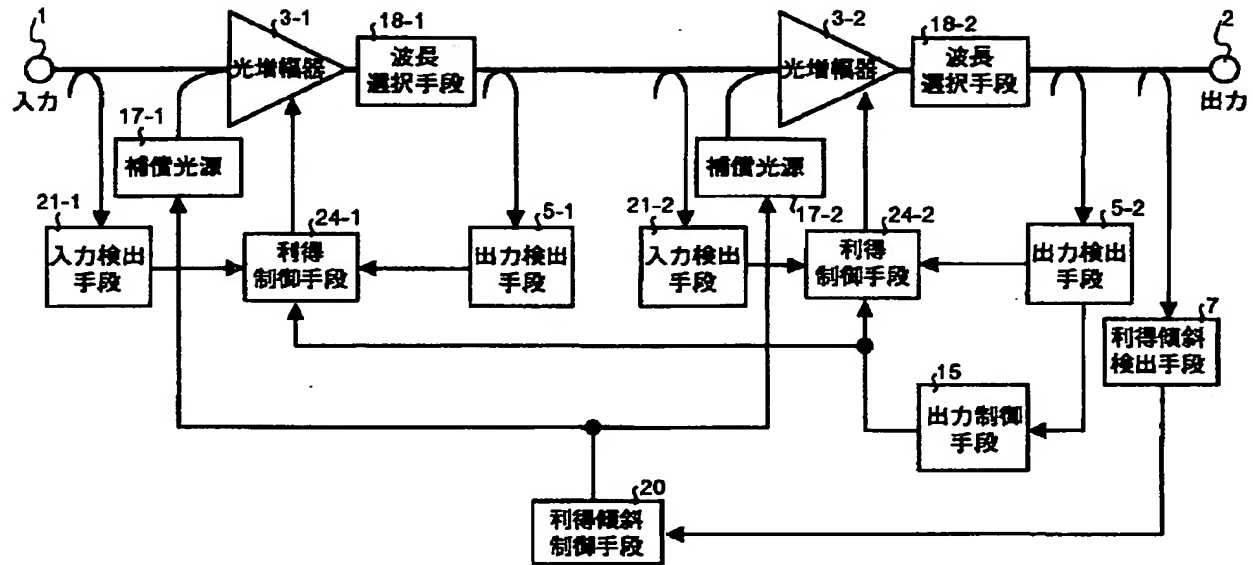
【図 14】



【図 15】



【図16】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

ターマコード (参考)

H O 4 B 10/14  
10/06  
10/04

(72) 発明者 伊藤 恭彦

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

F ターム (参考) 5F072 AB07 AK06 HH02 JJ05 KK30

MM01 MM20 YY17

5K002 AA06 BA02 BA05 CA03 CA08

CA09 CA10 CA13 DA02 FA01